

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЛАВА АК7ПЧ

Антонов М.М.

Руководитель - доцент, к.т.н., Орелкина Т.А.

Сибирский Федеральный Университет, Институт Цветных Металлов и Материаловедения, кафедра МиТОМ, Красноярск,
emaciate@mail.ru

Одной из областей машиностроения является производство автомобильных дисковых колес из литейных алюминиевых сплавов. Повышение механических свойств дисковых колес из силуминов, наиболее распространенных литейных сплавов, является одной из задач автомобилестроения. В работе проведено исследование структуры и свойств отливок из сплава АК7пч в термически упрочненном состоянии с целью определения оптимального режима охлаждения, обеспечивающего повышенный уровень механических свойств.

Объектами исследования являлись литые диски автомобильных колес из сплава АК7пч.

Химический состав сплава АК7пч отличается от АК7 пониженным содержанием примесей, прежде всего железа, состав сплава соответствует стандарту SAE J452.

На первом этапе работы определяли влияние температуры охлаждающей среды при закалке на механические свойства сплава АК7пч.

Режимы термической обработки исследуемого сплава: Тзак – $535 \pm 5^\circ\text{C}$, выдержка 3 часа; старение Тстар – $160 \pm 3^\circ\text{C}$, выдержка 6 часов. Охлаждение образцов осуществляли в воде при температуре: 20, 50, 80°C .

Проводили измерение микротвердости термоупрочненных образцов на приборе AFFRI. В результате измерений было выяснено, что с повышением температуры воды до 80°C микротвердость образцов после закалки уменьшается на несколько единиц. После закалки и старения в образцах, охлажденных по разным режимам, микротвердость твердого раствора, содержащего упрочняющие частицы сплава, практически не изменилась.

Результаты испытаний на растяжение термообработанных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства образцов из сплава АК7пч

Термическая обработка	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Закалка, 20°C и старение	235	204	5,4
Закалка, 50°C и старение	223	205	6,0
Закалка, 80°C и старение	218	194	6,7
ГОСТ Р 50511	210	140	5,0

По данным таблицы следует, что с повышением температуры охлаждающей среды при закалке уменьшаются значения временного сопротивления разрыву и предела текучести, но увеличивается значение относительного удлинения термоупрочненных образцов. Однако, охлаждение в холодную воду с температуры закалки может сказаться на образовании трещин в сложных переходах конструкции автомобильных дисковых колес. Поэтому рекомендуется использовать при закалке воду с температурой 50-80°C.

С целью повышения механических свойств сплава АК7пч провели термическую обработку с увеличением времени выдержки при закалке, режим 1, таблица 2.

Таблица 2 – Режимы термической обработки

Режим ТО	$T_{\text{зак}}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	$T_{\text{стар}}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	$T_{\text{охл. среды}}, ^\circ\text{C}$
1	535	6	160	3	80
2	535	3	160	6	80

Механические свойства сплава АК7пч в термоупрочненном состоянии, по выше приведенным режимам термической обработки, приведены в таблице 3

Таблица 3 – Механические свойства сплава АК7пч

Режим ТО	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta, \%$
1	285	195	13
2	218	194	5,7

Из таблицы видно, что увеличение длительности выдержки при закалке до 6 часов при $T_{\text{зак}}=535^\circ\text{C}$ и уменьшение длительности старения с 6 до 3 часов при $T_{\text{стар}}=160^\circ\text{C}$, обеспечивает повышение прочностных и пластических свойств сплава АК7пч. Таким образом, выяснено, что режим: $T_{\text{зак}}=535^\circ\text{C}$, $\tau=6$, $T_{\text{воды}}=80^\circ\text{C}$, $T_{\text{стар}}=160^\circ\text{C}$, $\tau=3\text{ч}$ обеспечивает повышенный уровень механических свойств.

На следующем этапе работы был выполнен анализ микроструктуры сплава в литом и закаленном состоянии.

В литом состоянии в структуре сплава присутствуют следующие фазы: α (Al)-твердый раствор; Si; а также Mg_2Si , составляющая тройной эвтектики [α (Al)+Si+ Mg_2Si]; β -FeSiAl₅; которая может входить в эвтектику [α (Al)+Si+ β]); α -(Fe₂SiAl₈), α -(FeMn)₃Si₂Al₁₅.

Контраст по химическому составу, выявляемый в растровом электронном микроскопе EVO 50, позволил наблюдать в литой структуре сплава АК7пч темные округлые включения Mg_2Si по границам дендритных ячеек α - твердого раствора, рис.

На рисунке приведена структура сплава и поэлементный состав фаз, полученный методом микрорентгеноспектрального анализа с использованием энергодисперсионного спектрометра INKA.

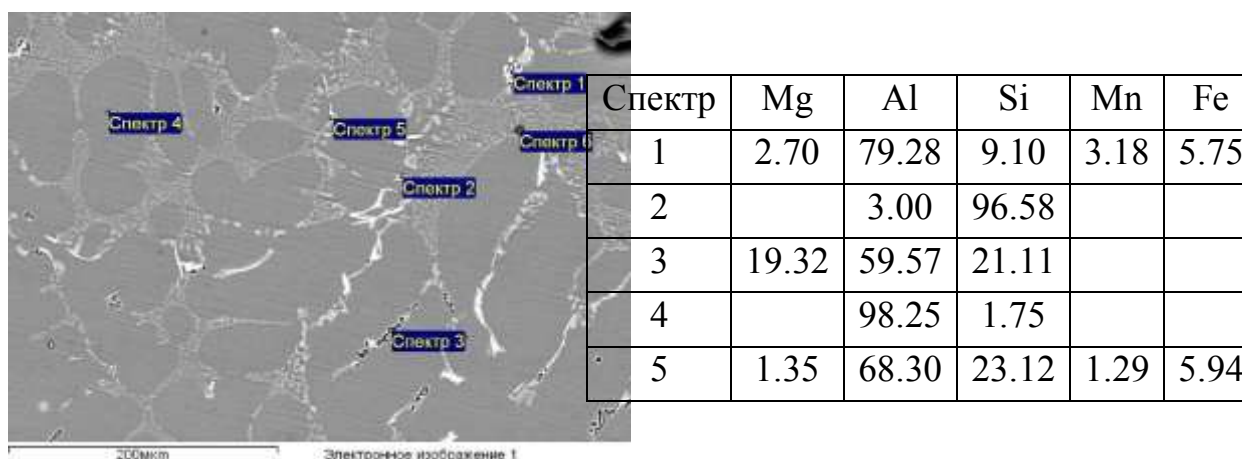


Рисунок - Структура и состав сплава АК7пч в атомных процентах, литое состояние.

Нагрев и выдержка под закалку обеспечивают полное растворение фазы Mg_2Si , частичное растворение Si и гомогенизацию твердого раствора. Высокотемпературный нагрев также способствует дроблению и сфероидизации частиц эвтектического кремния. Охлаждение в воду с температуры гомогенизации фиксирует высокотемпературное состояние сплава, обеспечивая пересыщение α - твердого раствора магнием и кремнием, то есть происходит закалка сплава.

По результатам работы сделаны следующие выводы:

1. Повышение температуры охлаждающей среды при закалке понижает временное сопротивление разрыву, но повышает относительное удлинение. Рекомендовано использовать при закалке воду с температурой 50-80°C с целью предотвращения образованию закалочных трещин в сложных переходах конструкции автомобильных дисковых колес.

2. Уточнен фазовый состав сплава в литом и закаленном состояниях.

Литература

1. Строганов Г. Б., Ротенберг В. А., Гершман Г. Б. Сплавы алюминия с кремнием. – М.: Металлургия, 1977. - 271 с.
2. Промышленные алюминиевые сплавы: Справ. изд. / Под ред. Квасова Ф. И. и Фридляндера И. Н., – М.: Металлургия, 1984. – 528 с.
3. Золоторевский В. С., Белов Н. А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. – М.: МИСиС, 2005. – 376 с.
4. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.
5. Захаров А. М. Промышленные сплавы цветных металлов. Фазовый состав и структурные составляющие. – М.: Металлургия, 1980. – 256 с.